



한국치위생과학회  
THE KOREAN SOCIETY OF DENTAL HYGIENE SCIENCE

J Dent Hyg Sci Vol. 13, No. 2, 2013, pp.165-173

RESEARCH ARTICLE

# 15% Carbamide Peroxide가 심미수복재의 표면조도와 착색에 미치는 영향

김수화<sup>†</sup> · 최혜숙<sup>1</sup> · 노지연<sup>1</sup> · 김광만<sup>1</sup>

한양여자대학교 치위생과, <sup>1</sup>연세대학교 치과대학 치과생체재료공학교실

## The Effect of 15% Carbamide Peroxide on the Surface Roughness and Staining of Esthetic Restoratives

Soo-Hwa Kim<sup>†</sup>, Hye-Sook Choi<sup>1</sup>, Jj-Yeon Roh<sup>1</sup> and Kwang-Mahn Kim<sup>1</sup>

Department of Dental Hygiene, Hanyang Women's University, Seoul 133-793, <sup>1</sup>Department and Research Institute of Dental Biomaterials and Bioengineering, Yonsei University College of Dentistry, Seoul 120-752, Korea

The purpose of this study was to evaluate the surface change after 15% carbamide peroxide home bleaching to various restorative materials (composite resin [CR], resin modified glass ionomer [RMGI] and glass ionomer [GI]) and to observe the effect of surface condition of the materials on re-staining. Three esthetic restorative materials (Filtek Z250, 3M, USA; Fuji II LC, GC, Japan; Fuji II, GC, Japan) were used in this study. Twenty specimens per material group were made and divided into two groups (bleached and control). The specimens were immersed in coffee after applying bleaching agent. The color change and surface roughness were measured before and after bleaching and after immersion in coffee. The data were analyzed with SPSS 18.0. The results were as follows: 1. The color of all experiment groups was significantly changed after bleaching ( $p < 0.05$ ). RMGI was the greatest value of  $\Delta E^*$  and  $\Delta L^*$ . GI and CR groups were in ordering ( $p < 0.05$ ). The  $\Delta a^*$  value was decreased GI, RMGI and CR, RMGI was only significantly decreased in  $\Delta b^*$  value ( $p < 0.05$ ). 2. The surface roughness before and after bleaching was significantly different on CR, RMGI and GI ( $p < 0.05$ ). 3. After staining with coffee, the value of  $\Delta E^*$  was increased in GI, RMGI and CR, furthermore GI and RMGI showed significant difference in the bleaching groups ( $p < 0.05$ ). The  $\Delta L^*$  value of GI and RMGI was significantly decreased. 4. The change of surface roughness after staining was not significantly different in all groups ( $p > 0.05$ ). The maintenance of color stability in esthetic restorations is one of the most important properties. Tooth whitening is for the aesthetic. Therefore, dental professionals should notice to patients about re-staining after tooth whitening. They should give an instruction that how to prevent and which kinds of agents could be stained.

**Key Words:** Coffee, Resin synthetic, Surface properties, Tooth bleaching agen

## 서론

심미에 대한 관심이 높아지면서 다양한 심미수복재가 사용되고 있다. 심미수복재는 조성, 물리적 성질과 색조에 따라 다양한 종류가 사용되고 있는데 직접수복용 재료로는 콤포지트 레진(composite resin, CR), 컴포머, 레진강화형글라스아이오노머(resin modified glass ionomer, RMGI),

글라스아이오노머(glass ionomer, GI)가 대표적이라고 할 수 있다. 이러한 수복재는 구강 내 환경에서 타액뿐만 아니라 다양한 음식물, 음료 등에 노출이 되기 때문에 수복재의 색안정성과 변색저항성은 중요한 성질이라고 할 수 있다. 색안정성은 일정기간 동안 특정 환경 하에서 고유의 색을 유지하는 재료의 능력을 말하는데<sup>1)</sup>, 수복재가 지니는 성질과 구강 내 환경에 따라 변색이 되기도 한다.

Received: April 8, 2013, Revised: June 7, 2013, Accepted: June 8, 2013

ISSN 1598-4478 (Print) / ISSN 2233-7679 (Online)

<sup>†</sup>Correspondence to: Soo-Hwa Kim

Department of Dental Hygiene, Hanyang Women's University, 200, Salgoji-gil, Seongdong-gu, Seoul 133-793, Korea  
Tel: +82-2-2290-2570, Fax: +82-2-2290-2579, E-mail: kimsoohwa@hanmail.net

Copyright © 2013 by the Korean Society of Dental Hygiene Science

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

치아미백은 치아를 더 희게 하거나, 변색된 치아의 심미성을 회복하기 위한 보존적인 방법이다. 치아미백은 방법, 시술자 및 재료에 따라 분류할 수 있는데, 일반적으로 전문가 미백과 자가미백으로 나눌 수 있다. 치아미백제가 작용하는 기전은 아직 명확하게 밝혀지지 않았지만 산화반응에 의해 미백이 이루어지는 것으로 알려져 있다. 과산화수소가 법랑질의 소주간 공간(interprismatic space)에 있는 착색제의 구조식을 산화시켜 미백효과를 나타내는데 미백제가 분해되면서 치아표면 착색제의 복잡한 구조식을 단순하게 바꾸고 이에 따라 빛의 반사율이 달라져 치아가 밝아 보인다고 한다<sup>2,3)</sup>.

미백의 효능과 원리에 대한 연구가 많아지면서, 미백 후 지각과민이나 치은 및 연조직 화상, 미각변화 등의 부작용도 보고되고 있다<sup>2,4)</sup>. 미백제가 구강 내 수복물에도 영향을 미친다는 보고도 있는데, Campos 등<sup>5)</sup>은 10~15%의 과산화요소(carbamide peroxide)를 이용한 경우 컴포머와 하이브리드 아이오노머의 미세경도가 감소한 반면 CR에는 영향을 미치지 않는다고 하였고, Lee 등<sup>6)</sup>과 Jung 등<sup>7)</sup>은 고농도의 미백제를 이용한 경우, CR의 미세경도에 영향을 미친다고 하였다. Shim<sup>8)</sup>은 미백 후 심미수복제의 표면조도를 측정할 결과, 미백 전보다 모두 증가했다고 하였다.

미백의 효과는 영구적인 것이 아니고 미백 후에도 일상생활에서의 커피, 녹차, 홍차, 콜라, 레드와인 등의 외인성 요인 등으로 치아와 수복물의 변색이 야기된다<sup>9)</sup>. 수복제의 표면조도, 연마방법, 표면의 균질성, 물흡수도 등은 착색에 영

향을 미치는 주요한 원인이고<sup>10)</sup>, 미백은 수복제의 표면특성에 변화를 야기하므로 미백을 하지 않은 경우보다 미백 후에는 더 착색에 민감할 수 있다. Ertaş 등<sup>10)</sup>은 음료에 대한 레진의 색안정에 대한 연구에서 레드와인, 커피, 차, 콜라의 순으로  $\Delta E$ 값이 크게 나타났다고 하였고 수복제 표면의 매끄러움(smoothness)이 착색감수성에 영향을 미친다고 하였다. Bagheri 등<sup>11)</sup>은 커피, 레드와인, 차가 심미수복물에 유의한 색변화를 야기한다고 하였다.

미백 후 치아의 표면 변화에 대한 보고와 착색을 야기시키는 음식물과 음료에 대한 심미수복물의 색안정성에 대한 논문은 많이 보고되고 있지만 미백 후 수복물의 표면변화가 수복제의 착색감수성에 미치는 영향에 대한 논문은 찾아보기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 자가미백제로 활용되는 15% carbamide peroxide가 심미수복제(CR, RMGI, GI)의 표면에 미치는 영향을 분석하고, 미백 후의 표면변화가 수복제의 착색감수성에 어떤 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 미백의 주요 대상이 젊은 여성들이고 음료에 대한 선호도를 조사한 결과 커피가 1위를 차지한 정보들을 참고하여<sup>12,13)</sup> 착색음료로 커피를 이용하였고, 미백을 한 수복물과 미백을 하지 않은 수복물 간에는 표면조도와 색 변화에 유의한 차이가 없을 것이라는 가설을 가지고 실험을 준비하였다.

Table 1. Materials Used in This Study

Classification	Product	Manufacturer	Composition
Composite resin (CR)	Filtek Z250	3M, St. Paul, MN, USA	Silane treated ceramic Bisphenol a polyethylene glycol dietherdimethacrylate Diurethanedimethacrylate Bisphenol a diglycidyl ether dimethacrylate Triethylene glycoldimethacrylate
Glass ionomer (GI)	GC Fuji II	GC, Tokyo, Japan	Liquid Polyacrylic acid Distilled water Powder Fluoroalumino silicate glass Polyacrylic acid
Resin modified glass ionomer (RMGI)	GC Fuji II LC	GC, Tokyo, Japan	Liquid Poly acrylic acid 2-hydroxyethylmethacrylate Proprietary ingridient 2, 2, 4, trimethylhexamethylene dicarbonate Triethylene glycol dimethacrylate Powder Alumino-fluoro-silicate glass (amorphorous)
Whitening agent	Opalesnce 15% carbamise peroxide	Ultradent, South Jordan, UT, USA	
Coffee	Maxim	Dongseo, Incheon, Korea	

## 재료 및 방법

### 1. 시편제작

시험에 사용된 재료는 시중에 많이 판매되고 있는 상품을 선정하여, CR (Filtek™ Z250, 3M, St. Paul, MN, USA), GI (Fuji II, GC, Tokyo, Japan), RMGI (Fuji II LC, GC, Tokyo, Japan)를 사용하였다(Table 1). 내경 5 mm 높이 1 mm의 링 모양의 테플론 몰드를 이용하여 시편을 제작하였고, 제조자가 지시한 설명서에 따라 각 재료를 혼합하고 중합하였다. 몰드 아래에 슬라이드 글라스, 폴리에틸렌 필름을 놓고 몰드를 올려놓은 후 기포 없이 재료를 테플론 몰드에 조금 넘게 충전한 다음에, 다시 폴리에틸렌 필름과 슬라이드 글라스를 그 위에 덮은 후 경화시켰다. 재료가 경화된 후, 시편에서 분리한 다음, 37°C, 상대습도 100%의 항온수조에 실험 전까지 보관하였다. 재료별로 20개의 시편을 만들어 10개씩 실험군과 대조군으로 구분하였다(Table 1).

### 2. 미백과정

각 재료별로 실험군을 플라스틱 페트리 디쉬에 담은 후 미백제를 표면에 약 0.05 ml 도포하였다. 미백은 하루 8시간씩 2주 동안 진행하는 것을 계산하여 8시간씩 14회를 지속적으로 적용하였고, 8시간마다 미백제를 새로 교환하였다. 미백제를 도포하고 8시간 후에 시편 표면의 미백제를 진공 흡입기로 제거한 후 흐르는 물로 세척하고 종이타올을 시편 가장자리에 닿게 하여 물기를 제거한 다음 다시 동일한 방법과 양으로 미백제를 도포하였다. 실험을 진행하는 동안 시편 표면에 손상이 되지 않도록 주의를 하였으며, 시편의 동일한 면에 미백과 착색을 시행하였고, 색 변화와 표면 거칠기도 동일한 면을 관찰하였다.

### 3. 착색과정

미백과정이 끝난 시편은 색 변화와 표면 거칠기를 측정한 후 착색을 시행하였다. 시편을 착색시키기 위하여 100°C의 물 300 ml에 인스턴트 분말커피(Maxim, Dongseo, Incheon, Korea) 2 g을 녹여 액상 커피를 제조하였다. 제조된 커피 용액은 실제 음용할 수 있을 정도(40°C)로 식힌 후 시편이 담긴 페트리 디쉬에 부어 시편이 충분히 잠기도록 하였다. 커피는 하루 30분씩 2잔, 즉 하루 1시간씩 커피에 노출되는 것으로 계산하여 실험에 적용하였다. 커피에 1일, 7일, 14일, 21일 동안 노출된 시간을 1, 7, 14, 21시간으로 계산하여 커피용액에 침적(immersion)시켜 착색하였고, 착색 후 같은 방법으로 색 변화와 표면 거칠기를 측정하였다. 시편은 측정 전에 위와 동일한 방법으로 세척하고 건조하였다.

### 4. 색 변화 측정

시편의 색 변화를 측정하기 위하여 분광분석계(spectrophotometer CM-3500d, Minolta, Osaka, Japan)를 사용하였다. 색 변화는 미백 시행 전, 미백 과정 종료 후, 착색 1, 7, 14, 21시간 후에 측정하였다. 색조변화량( $\Delta E^*$ )은 국제조명위원회에서 규정한 CIE  $L^*a^*b^*$  측정체계를 사용하여 분석하였다.  $L^*$ 값은 물체에 대한 밝기를 나타내는 명도지수로 0(검정)에서 100(백색)까지의 범위로 나타내고,  $a^*$ 와  $b^*$ 값은 물체에 대한 채도 지수로서,  $a^*$ 는 적색/녹색 값을,  $b^*$ 는 황색/청색 값을 나타낸다<sup>14)</sup>.  $a^*$ 와  $b^*$ 값은 0에 근접할수록 흰색에 유사하며, 색조변화량( $\Delta E^*$ )은 아래의 식에 의해 계산하였다.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

### 5. 표면 조도(surface roughness) 측정

시편의 표면조도는 표면 조도 측정기(optical profilometer, ContourGT-X3, Bruker AXS, Madison, WI, USA)를 이용하여 측정하였고 average roughness (Ra)값을 기록하였다. 장비의 설정은 VSI 모드에서 렌즈 비율 10배로 촬영하였다.

### 6. 통계분석

통계분석은 SPSS 프로그램(SPSS 18.0; SPSS GmbH, Munich, Germany)을 이용하였다. 색차 및 표면 조도 측정에 대하여 비모수 검정 방법 중 Wilcoxon signed rank test와 Kruskal-Wallis 검증을 실시하였으며( $\alpha=0.05$ ), 집단간 유의차를 비교하기 위하여 Kruskal-Wallis 검증 후의 사후검정에 해당하는 Bonferroni correction method 보정방법을 사용하였다( $\alpha=0.0083$ ).

**Table 2.**  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  and  $\Delta E^*$  Values (Mean  $\pm$  SD) after Bleaching

	CR	RMGI	GI
$\Delta L^*$	3.11 $\pm$ 0.34 <sup>a</sup>	17.52 $\pm$ 8.23 <sup>b</sup>	8.83 $\pm$ 1.77 <sup>c</sup>
$\Delta a^*$	-0.18 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	-0.61 $\pm$ 0.15 <sup>b</sup>	-0.89 $\pm$ 0.32 <sup>c</sup>
$\Delta b^*$	0.04 $\pm$ 0.24 <sup>a</sup>	-4.62 $\pm$ 1.21 <sup>b</sup>	0.74 $\pm$ 1.61 <sup>a</sup>
$\Delta E^*$	3.13 $\pm$ 0.33 <sup>a</sup>	18.22 $\pm$ 8.09 <sup>b</sup>	9.06 $\pm$ 1.63 <sup>c</sup>

<sup>a~c</sup>The same superscript letter indicates no significant difference.  
CR: composite resin, RMGI: resin modified glass ionomer, GI: glass ionomer.

## 결 과

### 1. 색 변화 측정

#### 1) 수복재에 따른 미백 전과 후의 색 변화

수복재 종류에 따라 미백 전과 미백 후 색 변화에 차이가 있는지를 분석한 결과,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta E^*$  값이 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ , Table 2).  $\Delta L^*$  값은 CR이 가장 낮았고, RMGI가 가장 큰 변화를 보였다( $p < 0.05$ ).  $\Delta a^*$  값은 CR이 가장 적었고, GI가 가장 큰 변화를 나타냈으며( $p < 0.05$ ),  $\Delta b^*$  값에서는 CR과 GI는 큰 변화를 보이지 않았으나, RMGI는 음의 방향으로 감소하였다( $p < 0.05$ ). 전체 색 변화를 나타내는  $\Delta E^*$  값은 CR이 가장 낮았고, RMGI가 가장 큰 변화를 나타내었다( $p < 0.05$ ).

#### 2) 미백 후 커피 용액 착색에 따른 시편의 색 변화

미백을 시행한 실험군과 미백을 하지 않은 대조군을 각각 커피 용액에 착색시킨 후 색 변화를 착색 1, 7, 14, 21시간 후에 분석하였다(Table 3).  $\Delta E^*$  값은 GI, RMGI, CR 순으로 크게 나타났다. GI와 RMGI는 실험군과 대조군 간의 유의한 차이를 보여 미백을 한 실험군의 색 변화가 유의하게 높게 나타났으나( $p < 0.05$ ), CR은 유의한 차이를 보이지 않았다. 21일 후의 RMGI와 GI는 실험군의  $\Delta E^*$  값은 15.28,

20.98로 뚜렷한 색의 변화를 나타내었고, 대조군의 경우에도 3.92, 3.49로 육안으로 구별 가능한 정도였다.  $\Delta L^*$  값은 GI와 RMGI의 경우 유의한 차이를 보여 미백을 하고 착색한 경우 명도가 더욱 감소하는 것으로 나타났고, GI가 가장 많은 감소를 보였으며 RMGI가 그 다음이었다( $p < 0.05$ ). CR은 유의한 차이를 보이지 않았다.  $\Delta a^*$  값은 GI가 가장 크게 증가하였으나 RMGI의 경우는 일관된 경향성을 보이지 않았고,  $\Delta b^*$  값은 GI, RMGI, CR 순으로 증가하였다.  $\Delta a^*$  보다  $\Delta b^*$  값의 증가가 훨씬 더 뚜렷하였다.

### 2. 표면조도 측정

#### 1) 실험군의 미백 전과 미백 후 표면 변화

실험군의 미백 전과 미백 후 표면 변화는 Table 4와 같다.

**Table 4.** Change of Surface Roughness in the Bleached Group

	Before bleaching	After bleaching	p-value
CR	21.9±2.2	23.0±3.2*	0.036
RMGI	103.9±27.7	350.2±100.4*	0.005
GI	235.9±75.8	337.6±81.0*	0.005

Values are presented as mean±SD.

CR: composite resin, RMGI: resin modified glass ionomer, GI: glass ionomer.

\* $p < 0.05$ .

**Table 3.**  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  and  $\Delta E^*$  Values (Mean±SD) at Each Staining Period

Hours		CR		RMGI		GI	
		Bleached	Control	Bleached	Control	Bleached	Control
$\Delta L^*$	1	0.38±0.65	0.30±0.45	-0.83±1.85	1.10±1.34*	-1.30±1.81	0.40±0.70
	7	0.16±0.45	0.07±0.32	-4.09±2.37	-1.38±1.01*	-5.80±2.81	-1.86±0.90*
	14	0.15±0.43	-0.14±0.53	-4.78±2.73	-3.24±1.99	-9.25±2.85	-2.89±0.92*
	21	0.42±0.63	-0.08±0.66	-6.02±3.19	-1.86±2.70*	-9.98±3.39	-2.79±1.36*
$\Delta a^*$	1	0.06±0.07	-0.14±0.12*	-0.46±0.32	0.01±0.09*	1.52±1.42	0.23±0.15*
	7	0.02±0.09	-0.24±0.11*	-0.38±0.26	-0.05±0.09*	5.03±0.87	0.36±0.16*
	14	0.03±0.09	-0.28±0.12*	-0.23±0.33	-0.27±0.24	7.46±0.92	0.40±0.17*
	21	0.03±0.09	-0.31±0.11*	0.21±0.41	-0.28±0.20*	8.28±1.05	0.54±0.22*
$\Delta b^*$	1	0.61±0.52	0.16±0.26*	6.96±1.35	1.92±0.53*	7.52±3.60	1.01±0.41*
	7	0.84±0.58	0.40±0.22*	10.40±2.91	2.48±0.41*	15.17±2.94	1.33±0.46*
	14	0.96±0.62	0.47±0.29*	10.90±4.30	1.92±0.68*	16.03±5.31	1.24±0.56*
	21	1.06±0.64	0.59±0.31	13.87±4.96	2.69±0.92*	15.82±5.98	1.82±0.64*
$\Delta E^*$	1	0.91±0.60	0.58±0.24	7.23±1.47	2.55±0.53*	8.05±3.69	1.32±0.36*
	7	0.96±0.58	0.58±0.20	11.25±3.52	2.99±0.48*	17.18±3.23	2.43±0.66*
	14	1.06±0.61	0.75±0.34	12.05±4.72	4.03±1.51*	20.28±4.73	3.20±0.99*
	21	1.27±0.68	0.88±0.45	15.28±5.42	3.92±1.74*	20.98±4.92	3.49±1.21*

CR: composite resin, RMGI: resin modified glass ionomer, GI: glass ionomer.

\* $p < 0.05$ .

CR, RMGI, GI 모두 미백 전과 미백 후 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 시편의 미백 전과 후 표면 형상은 Fig. 1에 제시하였다. CR, RMGI는 미백 후 표면의 거칠기가 증가한 것이 관찰되었고, GI는 미백 후 기공(pore)이 증가하였다.

## 2) 커피 용액 착색에 따른 시편의 표면 변화

커피 용액 착색에 따른 시편의 표면 변화는 Table 5와 같다. CR, RMGI, GI 모든 재료에서 실험군과 대조군 모두 착색 전과 후에 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다( $p > 0.05$ ). 착색 여부에 따른 시편의 표면 형상에서도 뚜렷한 차이가 관찰되지 않았다(Fig. 2).

## 고 찰

최근 다양한 미백제와 미백 관련 상품들로 사람들의 미백에 대한 접근이 용이해졌고, 대부분의 경우 많은 사람들은 치아를 더욱 희게 하거나, 착색을 제거하기를 원한다. 과산화수소(hydrogen peroxide)나 carbamide peroxide는 널리 사용되고 있는 미백제이지만 미백 후 수복재의 색, 표면조도, 미세경도 등의 변화를 야기한다는 많은 보고가 있다<sup>8,15-17</sup>. 수복재는 구강 내에서 타액, 음식물, 음료 등에 많이 노출이 되기 때문에, 특히 심미수복재 표면의 상태는 수복재의 심미성에 많은 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 논문에서는 미백 후에 심미수복재의 표면변화가 착색감수성에 어떤 영향을 미치는지 알아보하고자 15% carbamide peroxide와 세 가지 심미수복재를 이용하여 미백 후 수복재의 표면변화와 이에 따른 착색 정도를 평가하였다.

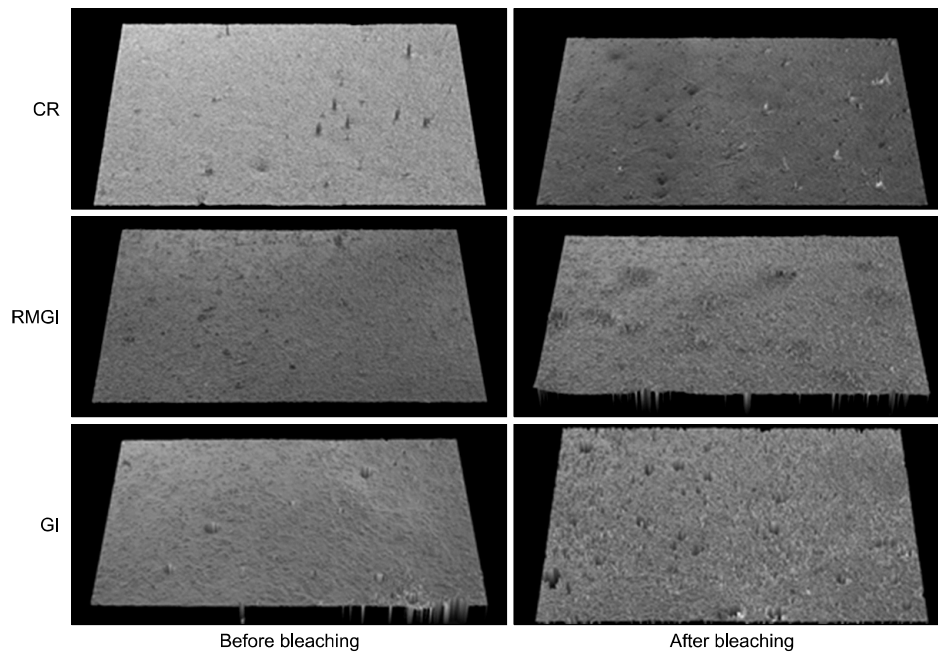


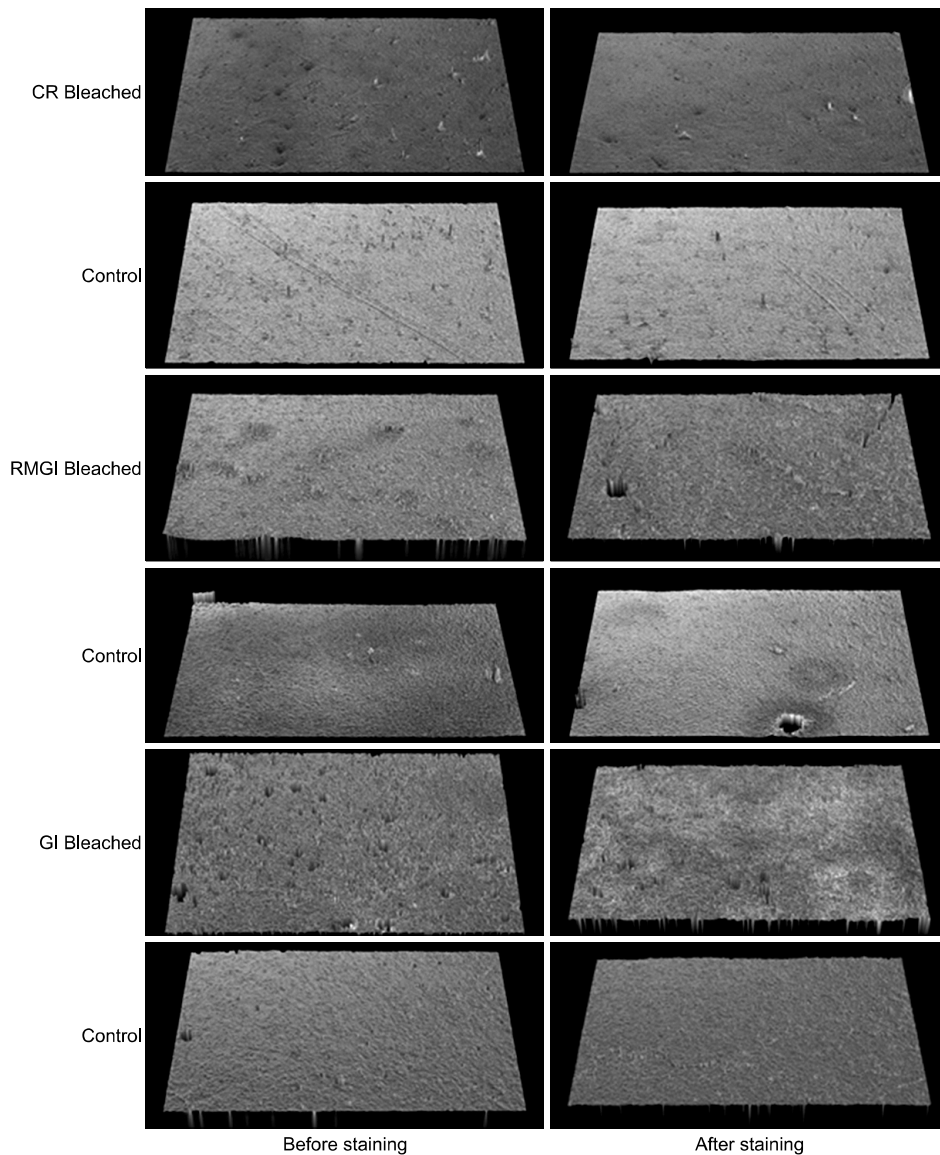
Fig. 1. Surface images of the materials before and after bleaching. CR: composite resin, RMGI: resin modified glass ionomer, GI: glass ionomer.

Table 5. Change of Surface Roughness before and after Staining

	CR		RMGI		GI	
	Bleached	Control	Bleached	Control	Bleached	Control
Before staining	23.0±3.2	21.4±3.5	350.2±100.4	76.2±16.1	337.6±81.0	257.0±31.3
After staining	22.5±2.3	22.6±2.9	334.3±80.8	72.6±12.5	318.6±69.8	232.9±27.1
p-value	0.417	0.380	0.196	0.302	0.169	0.093

Values are presented as mean±SD.

CR: composite resin, RMGI: resin modified glass ionomer, GI: glass ionomer.



**Fig. 2.** Surface images of the materials before and after staining. CR: composite resin, RMGI: resin modified glass ionomer, GI: glass ionomer.

본 실험에서 사용한 CR, RMGI, GI에서는  $\Delta E^*$ 와  $\Delta L^*$ 값이 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다( $p < 0.05$ ).  $\Delta E^*$ 와  $\Delta L^*$ 값은 RMGI, GI, CR 순으로 색변화가 많이 나타났고, 유의하게 명도도 증가하였다( $p < 0.05$ ). CR의 물 흡수율은 착색에 중요한 영향을 미치는데<sup>18)</sup> 소수성인 bisphenol a polyethylene glycol dietherdimethacrylate (bis-EMA)를 포함하고 있는 레진의 경우 물 흡수율이 낮으므로<sup>19)</sup> 다른 재료보다 미백제가 레진 표면에 더 적게 침투하여 색변화나 명도 변화 값이 더 낮게 나타난 것으로 보인다. 같은 이유로 RMGI의 경우는 성분 중 친수성인 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA)로 인해 미백 효과가 더 크게 나타났을 수 있다.

미백을 시행한 실험군과 미백을 하지 않은 대조군의 시편

을 커피 용액에 착색시킨 후 색변화를 관찰한 결과에서는  $\Delta E^*$ 값에서 GI, RMGI 순으로 유의한 차이를 보여 미백을 한 실험군의 색 변화가 더 높게 나타났다.  $\Delta L^*$ 값도  $\Delta E^*$ 와 같이 GI와 RMGI의 실험군에서 명도가 더욱 감소하는 것으로 나타났다. Yu 등<sup>16)</sup>은 미백은 실험에 사용된 모든 재료의 착색 감수성에 유의한 영향을 주었고 미백 후 착색 음료에 노출될 경우 더 심한 착색을 보인다고 하였다. 수복재의 착색 감수성은 물 흡수도와 친수성에 영향을 받는데, 물이 침투 작용에서 착색의 매개체로 작용할 수 있다<sup>20)</sup>. 따라서 소수성 재료는 친수성인 재료보다 더 착색저항성이 큰 것으로 알려져 있다<sup>21)</sup>. 본 실험에 사용된 Filtek Z250의 주요 구성요소는 bis-GMA, UDMA, bis-EMA인데 bis-GMA와 UDMA는 TEGDMA보다 소수성이고, bis-EMA도 소수성인 특성

이 있으며 기존의 대부분의 TEGDMA가 UDMA와 bis-EMA 혼합물로 대체된<sup>10,19)</sup> 특성이 있어 GI나 RMGI보다 낮은 물 흡수율로 더 큰 착색저항성을 나타내는 것으로 보인다. Li 등<sup>15)</sup>은 15% carbamide peroxide가 심미수복재의 색과 표면 변화에 미치는 영향에 대한 연구에서 nanofill 레진의 경우 유의한  $\Delta E^*$  차이를 보였으나 컴포머나 GI에서는 유의한 차이가 보이지 않는다고 하였고, Ertaş 등<sup>10)</sup>은 CR의 색안정성 연구에서 microhybrid보다 nanohybrid 레진이 더 착색이 많이 된다고 보고하였다. 본 실험에서는 microhybrid 레진을 사용하였으므로 위의 연구 결과와 다소 다른 연구결과를 보였는데 심미수복재의 미백 효과와 착색에 대한 감수성이 재료의 조성에 따라 다른 결과를 보이는 것으로 사료된다.

커피 착색 후  $\Delta a^*$ 값의 경우 일관된 결과를 보이지 않았으나  $\Delta b^*$ 값은 모든 재료에서 황색 방향으로 증가하였는데 이는 커피가 지니고 있는 색의 특성 때문일 수 있다. Kim<sup>12)</sup>은 커피와 홍차가 포함하고있는 탄닌의 검정 색소는 단백질 성분과 결합해 치아를 누렇게 만든다고 하였다. 본 연구에서는 대조군에서도 RMGI와 GI의  $\Delta E^*$ 값이 3.92, 3.49로 나타났는데,  $\Delta E^*$ 값 3.3이 시각적 인지에 대한 임계값이라 한다<sup>22)</sup> 육안으로 구별 가능한 정도였다. 대조군에서의 색 변화에 대한 연구는 후속연구로 더 필요할 것으로 보이나, GI는 치아우식을 예방하는 장점이 있지만 재료의 polyacid 성분은 색안정성을 낮게 한다는 보고가 있었다<sup>23)</sup>.

색변화를 야기하는 주요 요인은  $L^*$ 값에 있는데<sup>11,16)</sup>, Li 등<sup>15)</sup>은 미백 후 GI 표면 SEM 사진에서 표면조도가 유의하게 증가하였고, 광범위한 균열과 기공 크기가 증가한 것을 발견하였는데 미백제의 용해 효과로 증가된 기공 내로 공기나 타액이 들어와 반사되어  $L^*$ 값이 증가하였을 것이라고 하였다. 본 연구에서도 미백 전과 후에 표면조도를 비교한 결과, CR, RMGI, GI 모두에서 미백 전과 후에 유의한 차이를 나타내었고 RMGI에서 큰 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 표면영상에서도 CR, RMGI는 표면이 더 거칠게 나타났으며, GI의 표면에서는 미백 후 더 많은 기공(pore)이 관찰되어  $\Delta E^*$ 과  $\Delta L^*$ 값이 높은 순서와 같은 결과를 보였다. Kim 등<sup>24)</sup>과 Moraes 등<sup>25)</sup>은 미백제 적용 후 수복물의 표면거칠기가 증가한다고 보고하였고, Turker와 Biskin<sup>26)</sup>은 미백에 의한 레진과 RMGI의 표면형태 변화를 관찰하였는데 표면거칠기가 증가하고 일부에서는 다공성과 균열이 증가하였다고 하였다. Yu 등<sup>16)</sup>의 연구에서는 GI는 미백 후 표면에 더 많은 균열과 소와를, 컴포머는 표면에 더 많은 다공성을 관찰하였지만 레진은 차이를 보이지 않아 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 앞서 언급한 것처럼 본 연구의 표면조도는 미백

후 색변화와 유사한 결과를 보였는데 미백이 심미수복재의 표면에 화학적 연화(chemical softening)를 일으켜 수복재의 미세경도나 표면조도 등의 물리적, 기계적 성질에 영향을 미친 것으로 보인다<sup>26,27)</sup>.

본 논문에서는 구강 내 환경을 그대로 재현하지 못하였고, 실제 소비하는 커피의 다양한 종류나 소비량을 고려하지 않은 제한점이 있으므로 이에 따라 착색을 야기시키는 다양한 음료의 종류, 미백방법, 수복재의 종류를 고려한 후속연구가 필요할 것이다.

미백으로 인한 수복재의 색 변화나 수복재의 착색에 대해 많은 결과들이 보고되고 있고, 종종 상반된 결과들도 보인다. 하지만 육안으로 인지되지 않을 정도의 변화라 하더라도 미백에 의해 착색에 대한 감수성이 높아지므로 수복재를 수리하거나 새로 교체하는 것을 고려해 보아야 할 것이다. 치아미백은, 특히 자가미백의 경우에는 환자의 협조도가 중요한 역할을 하므로 치과의료진은 미백 과정 중이나 미백 후에 착색을 일으킬 수 있는 음식이나 음료에 대해 내원자들에게 인지시켜야 할 것이다.

## 요 약

본 논문은 미백 후 수복재의 종류에 따른 표면변화를 관찰하고, 미백제에 의한 표면변화가 수복재의 착색감수성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 자가미백제로 널리 사용되는 15% carbamide peroxide가 대표적인 심미수복재인 콤포지트 레진(composite resin, CR), 레진강화회절라스아이오노머(resin modified glass ionomer, RMGI), 글라스아이오노머(glass ionomer, GI)의 표면에 미치는 영향을 분석하였다. 또한, 미백 후의 착색감수성을 평가하기 위하여 커피 용액에 일정 시간 보관한 후 수복재의 색 변화를 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 미백 전과 미백 후의 색변화에서는 실험에 사용된 모든 재료에서  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta E^*$ 값이 통계적으로 유의하게 나타났다( $p < 0.05$ ).  $\Delta E^*$ 와  $\Delta L^*$ 값은 RMGI, GI, CR 순으로 색변화가 많이 나타났고( $p < 0.05$ ),  $\Delta a^*$ 값은 GI, RMGI, CR 순으로 미백 후 감소하였으며,  $\Delta b^*$ 값은 RMGI에서 유의하게 감소하였다( $p < 0.05$ ).
2. 미백 전과 미백 후 표면조도는 CR, RMGI, GI 모두 미백 전과 후에 유의한 차이를 나타내었는데 RMGI가 미백 후 가장 큰 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).
3. 실험군과 대조군을 커피 용액에 착색시킨 후의  $\Delta E^*$ 값은 GI, RMGI, CR 순으로 크게 나타났으나 GI와 RMGI에서만 유의한 차이를 보여 미백을 한 실험군의 색 변화가 유

의하게 높게 나타났다( $p < 0.05$ ).  $\Delta L^*$  값은 GI와 RMGI의 경우 유의한 차이를 보여 미백을 하고 착색한 경우 명도가 더욱 감소하는 것으로 나타났고,  $\Delta a^*$  값보다  $\Delta b^*$  값의 증가가 훨씬 더 크고 뚜렷하였다.

4. 커피 용액 착색에 따른 시편의 표면 변화는 CR, RMGI, GI 모두 착색 전과 착색 후에 유의한 차이를 나타내지 않았다( $p > 0.05$ ).

심미수복재의 색안정성은 심미성을 유지하는 중요한 요인이고, 치아미백 또한 심미를 목적으로 하는 술식이다. 따라서 치과에서는 수복재의 종류에 따라 미백제나 착색물에 대한 반응이 다르게 나타날 수 있다는 것을 고려해야 하며, 술식을 제공받는 내원자들이 착색을 야기할 수 있는 음식이나 음료에 대해 인지하고 예방할 수 있도록 해야 할 것이다.

## References

- Mutlu-Sagesen L, Ergün G, Ozkan Y, Semiz M: Color stability of a dental composite after immersion in various media. *Dent Mater J* 24: 382-390, 2005.
- Kwon SR, Ko SH: Color atlas of tooth whitening. 1st ed. DaehanNarae Publishing Inc., Seoul, pp.68-73, 2006.
- Shim SY, Jung SH: Effect of fluoridated bleaching agents and post-treatment fluoride application on the color and microhardness of enamel surface. *J Dent Hyg Sci* 10: 298-300, 2010.
- Kato H, Kondo R: Whitening knowledge for dental hygienist. 2nd ed. DaehanNarae Publishing Inc., Seoul, pp.2-5, 2007.
- Campos I, Briso AL, Pimenta LA, Ambrosano G: Effects of bleaching with carbamide peroxide gels on microhardness of restoration materials. *J Esthet Restor Dent* 15: 175-182, 2003.
- Lee JH, Kim HI, Kim KH, Kwon YH: Effects of bleaching agents on the fluoride release and microhardness of dental materials. *J Biomed Mater Res* 63: 535-541, 2002.
- Jung CB, Kim HI, Kim KH, Kwon YH: Influence of 30% hydrogen peroxide bleaching on compomers in their surface modifications and thermal expansion. *Dent Mater J* 21: 396-403, 2002.
- Shim YS: The effect of tooth bleaching agent contained 35% hydrogen peroxide on the color, microhardness and surface roughness of tooth-colored restorative materials. *J Korean Soc Dent Hyg* 12: 533-541, 2012.
- Choi EJ, Moon SH, Mun SR, et al.: Color change of food staining and bleaching on composite resin. *J Dent Hyg Sci* 12: 477-485, 2012.
- Ertaş E, Güler AU, Yücel AC, Köprülü H, Güler E: Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dent Mater J* 25: 371-376, 2006.
- Bagheri R, Burrow MF, Tyas M: Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *J Dent* 33: 389-398, 2005.
- Kim EH: Effects of the repetitive tasting of different blending types of coffee on teeth stain during home bleaching. Unpublished doctoral dissertation, Wonkwang University, Iksan, 2010.
- Kim SM: Comparison of dietary behaviors and perception of caffeine in coffee consumers by gender. Unpublished master's thesis, Catholic University, Daegu, 2009.
- Korean Association of Dental Materials Professors: Dental materials. 6th ed. Koonja, Seoul, pp.30-33, 2011.
- Li Q, Yu H, Wang Y: Colour and surface analysis of carbamide peroxide bleaching effects on the dental restorative materials in situ. *J Dent* 37: 348-356, 2009.
- Yu H, Pan X, Lin Y, Li Q, Hussain M, Wang Y: Effects of carbamide peroxide on the staining susceptibility of tooth-colored restorative materials. *Oper Dent* 34: 72-82, 2009.
- Wattanapayungkul P, Yap AU, Chooi KW, Lee MF, Selamat RS, Zhou RD: The effect of home bleaching agents on the surface roughness of tooth-colored restoratives with time. *Oper Dent* 29: 398-403, 2004.
- Satou N, Khan AM, Matsumae I, Satou J, Shintani H: In vitro color change of composite-based resins. *Dent Mater* 5: 384-387, 1989.
- Morães RR, Garcia JW, Wilson ND, et al.: Improved dental adhesive formulations based on reactive nanogel additives. *J Dent Res* 91: 179-184, 2012.
- Dietschi D, Campanile G, Holz J, Meyer JM: Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study. *Dent Mater* 10: 353-362, 1994.
- Fay RM, Servos T, Powers JM: Color of restorative materials after staining and bleaching. *Oper Dent* 24: 292-296, 1999.
- Ruyter IE, Nilner K, Moller B: Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 3: 246-251, 1987.
- Mount GJ: Glass ionomers: a review of their current status. *Oper Dent* 24: 115-124, 1999.
- Kim JH, Lee YK, Lim BS, Rhee SH, Yang HC: Effect of tooth-whitening strips and films on changes in color and



- surface roughness of resin composites. Clin Oral Investig 8: 118-122, 2004.
25. Moraes RR, Marimon JL, Schneider LF, Correr Sobrinho L, Camacho GB, Bueno M: Carbamide peroxide bleaching agents: effects on surface roughness of enamel, composite and porcelain. Clin Oral Investig 10: 23-28, 2006.
26. Turker SB, Biskin T: Effect of three bleaching agents on the surface properties of three different esthetic restorative materials. J Prosthet Dent 89: 466-473, 2003.
27. Yap AU, Wattanapayungkul P: Effects of in-office tooth whiteners on hardness of tooth-colored restoratives. Operative Dentistry 27: 137-141, 2002.